

## A lucerna és csillagfürt gyökérgumóiban élő baktériumok által megkötött nitrogén mennyisége

L. M. DOROSZINSZKIJ

*Össz-szövetségi Mezőgazdasági Mikrobiológiai Intézet,  
Leningrád (Szovjetunió)*

Az egyes pillangós virágú növényfajok nitrogénmegkötésének mértékéről különböző adatok találhatók, amelyek függenek egyrészt a talajváltozattól, időjárási viszonyoktól, a talaj tápanyagkészletétől (különösen annak felvehető nitrogéntartalmától) a termesztett pillangós növényfajnak megfelelő rhizobium baktériumok jelenlététől és azoknak aktivitásától, másrészt a nitrogénmegkötés vizsgálatánál használt módszer pontosságától. A pillangós növények nitrogénkötésének megállapítására jelenleg a legpontosabb módszer a stabil nitrogénizotópos eljárás, ezért ezt a módszert alkalmaztuk a biológiai nitrogénkötés mértékének meghatározására, a csillagfürt és a lucerna növényeknél.

Munkatársaimmal végzett tenyészedénykísérleteket [1, 2, 4] csillagfürt jelzőnövényvel több évig folytattuk, mind talaj-, mind homokkultúrában, amelyek natív rhizobium baktériumokat nem tartalmaztak. Megállapítottuk, hogy csekély mennyiségű ásványi nitrogénnek (8,4 mg/kg) a tápközegbe történő bevétele esetén — ami egyébként a szimbiotikus nitrogénmegkötés folyamatának egyik legfontosabb feltétele —, az oltott növények nitrogénszüksége a légköri nitrogén megkötése által teljes mértékben biztosított volt.

A szimbiotikus nitrogénmegkötés méreteinek a stabil nitrogénizotópos módszer alkalmazásával történő meghatározásánál a kísérleteket homokkultúrában végeztük. A folyami homokhoz a tápsókat PRJANISNIKOV szerint adagoltuk, a nitrogént különböző adagokban ammóniumszulfát, egyes években pedig ammóniumnitrát formájában juttattuk a homokba.

Ezekkel a vizsgálatokkal megállapítást nyert, hogy az aktív rhizobium baktériumkultúrával oltott csillagfürt összes nitrogéntartalmából több év átlagában 80,9% biológiai eredetű volt. Fokozott nitrogénadagoknak a tápközegbe juttatása (58,8—84 mg/kg) a molekuláris nitrogén megkötődésének erős gátlásához vezetett [3].

Az 1967 évben csillagfürttel végzett kísérlethez 0,0017% összes nitrogént tartalmazó folyami homokot használtunk. A homokhoz PRJANISNIKOV szerint adagoltuk a tápsókat, kivéve a nitrogént, amelyet  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  formában két adagban alkalmaztunk: mégpedig teljes adagban (84 mg N/kg) és ennek tizedrésznyi mennyiségében (8,4 mg/kg). A növényeket a csillagfürtre specifikus aktív rhizobiumkultúrával oltottuk.

A növény zöldtermés szárazanyagsúlyának és a megkötött légköri nitrogén mennyiségének meghatározásán kívül a dehidrogenáz enzim aktivitását

1. táblázat

**Az aktív rhizobiumbaktériumoknak a csillagfürt termésére gyakorolt hatása két ásványi nitrogénadag alkalmazása esetén**

(1) Kezelés	(2) A zoldtermés szárazanyag súlya g/edény	(3) Eltérés a kontrolltól	
		g/edény	%
8,4 mg/kg N (Kontroll)	5,99	—	—
8,4 mg/kg N + Rhizobium oltás	21,34	+15,35	256,2
84 mg/kg N (Kontroll)	21,54	+15,55	259,5
84 mg/kg N + Rhizobiumoltás	26,50	+20,26	321,2

SzD<sub>0,05</sub> = ± 2,27; m<sub>0</sub> = 4,3

is megvizsgáltuk a különböző kezelések növényeinek gyökérgumóiban. A gyökérgumók dehidrogenáz aktivitásának meghatározását trifeniltetrazolum-klorid felhasználásával végeztük. A dehidrogenáz aktivitását 10 g nyers gyökérgumóra vonatkoztatott trifenilformazán milligrammaiban fejeztük ki. A csillagfürt által felvett biológiailag megkötött nitrogén mennyiségét az oltott és nem oltott növények nitrogéntartalmának különbségéből számítottuk ki.

2. táblázat

**A légkörből megkötött nitrogén mennyisége és a gyökérgumóból készített kivonatok dehidrogenáz aktivitása**

(1) Kezelés	(2) Összes N mg/edény		(3) Megkötött N			(4) A dehidro- genáz aktivitása (trifenil- formazán mg)*
	Zöld termés	Gyöke- rek	Összes mg	mg/ edény	%	
8,4 mg/kg N (Kontroll)	66,0	21,2	87,2	—	—	—
8,4 mg/kg N + Rhizobiumoltás	507,7	105,7	613,4	526,2	85,8	9,6
84 mg/kg N (Kontroll)	459,2	87,5	546,7	—	—	—
84 mg/kg N + Rhizobiumoltás	622,2	114,5	737,3	190,6	25,8	6,9

\* A dehidrogenázaktivitás meghatározását a gyökérgumókban ZAGOR'E I. V. végezte.

A vizsgálati eredményeket az 1. és a 2. táblázatokban adjuk meg.

A termésadatok elemzése azt mutatja, hogy a kisadagú nitrogén alkalmazása esetén a rhizobium baktériumok biztosítják az ugyanolyan magas termés elérését, mint a teljes ásványi nitrogénadag talajba juttatása. Különösen érdekesek a 2. táblázat adatai, amelyek visszatükrözik a növények által történő nitrogénfelvétel nagyságát a kísérlet különböző kezeléseiben és korrelációt mutatnak a csillagfürt gyökérgumóinak dehidrogenázaktivitása és a nitrogénmegkötés nagysága között.

Ugyanúgy, mint az előző évek vizsgálatainál a biológiailag megkötött nitrogén legmagasabb százalékát — 85,8 — a csekély ásványi nitrogénadaggal trágyázott és a rhizobiumoltást kapott növényeknél kaptuk. A tápközeg ásványi nitrogéntartalmának növelése (teljes adag) erősen csökkentette (25,8%)

a biológiai nitrogénmegkötés aktivitását. Megállapítható, hogy az egyes kezeléseknél a gyökérgumókban a dehidrogenáz aktivitást jellemző adatok általában jó összefüggést mutatnak a szimbiotikus nitrogénmegkötés aktivitásával.

A lucernával beállított kísérletet ugyanazon a homokon végeztük, mint a csillagfürttel. A homokhoz a tápsókat Prjanisnikov szerint adagoltuk, kivéve a nitrogént, amelyet két adagban alkalmaztunk: 0,2%-os adagban (16,8 mg/kg) és teljes adagban (84 mg/kg),  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ -só formájában, amelynek mind az ammónia-nitrogénje, mind a nitrát-nitrogénje nyomjelzett volt.

A kísérletet 8 ismételten, edényenként 8 kg homokkal végeztük. A csekély nitrogénadagot (0,2%-os adag) kapott kezeléseknél 20%-os atomdúsítású sót használtunk, míg a teljes nitrogénadaggal trágyázott kezeléseknél csak 10% atomdúsítást alkalmaztunk. A vetőmagot vetés előtt aktív rhizobium baktériumkultúrával beoltottuk, kivéve a kontroll kezelés vetőmagját.

A lucernát két időpontban vágtuk a tenyészidő alatt, éspedig vetés után 2 hónappal VII. 24-én és 50 nap múlva — IX. 14-én.

A lucerna két kaszálásának zöldtermés eredményeit a 3. táblázatban közöljük.

3. táblázat

A rhizobiumoltásnak és a különböző nitrogénadagoknak a zöld lucernatermés szárazanyagtartalmára gyakorolt hatása

(1)  Kezelés	I. kaszálás			II. kaszálás			I + II kaszálás összege g/edény
	Zöldtermés súlya		Eltérés a kontrolltól	Zöldtermés súlya		Eltérés a kontrolltól	
	g/edény			g/edény			
			%			%	
16,8 mg/kg N (Kontroll)	13,30	—	—	18,70	—	—	32,00
16,8 mg/kg N + Rhizo- biumoltás	22,76	+ 9,46	71,1	21,44	2,74	14,6	44,20
84 mg/kg N (Kontroll)	27,42	+ 14,12	106,1	17,86	—0,84	—	45,28
84 mg/kg N + Rhizo- biumoltás	25,78	+ 12,48	93,8	20,18	+ 2,48	13,2	45,96

$\text{SzD}_{0,95} = \pm 0,8$ ;  $m \% = 1,1$   $\text{SzD}_{0,95} = \pm 0,9$ ;  $m \% = 1,3$

Amint a táblázat adataiból látható, a kísérlet egyes kezeléseknél a növények termésében lényeges különbség csak az első kaszálásnál volt, és a legnagyobb különbséget a kontroll kezelés és a csekély nitrogénadagot és rhizobium oltást kapott kezelés között figyeltük meg az utóbbi javára. Az említett kezeléseknél a növények súlyában annak ellenére mutatkozott meg ilyen különbség, hogy a kontrollnövényeken a talajban jelenlevő rhizobium baktériumfajok által képzett gyökérgumók voltak. A kísérlethez felhasznált homokban levő natív rhizobium baktériumok, valószínűleg kevésbé voltak aktívak, mint az általunk az oltásra felhasznált baktériumkultúra. Teljes nitrogénadagolás mellett az oltásban részesített növények súlya nem sokkal volt magasabb, mint az oltást nem kapott kezeléseké. A második kaszálásnál a kezeléseknél között csak jelentéktelen különbségek voltak.

A jelzett nitrogéntartalom meghatározása mind a növényi anyagban, mind a homokban spektrumizotópos módszerrel történt DSzF-8 spektrográf felhasználásával. Az eljárás lényegét ZSADKOVA [5] részletesen leírta.

4. táblázat

**Az első lucernakaszáláskor a levegőből megkötött nitrogén mennyisége  
(Tenyészedénykísérlet 1967)**

(1) Kezelés	(2) Zöldtermés		(3) Gyökerek		(4) Megkötött N	
	Összes N	<sup>15</sup> N	Összes N	<sup>15</sup> N		
	mg					%
16,8 mg/kg <sup>15</sup> N (Kontroll)	245,4	49,6	132,9	37,2	285,4	75,4
16,8 mg/kg <sup>15</sup> N + Rhizobiumoltás	555,2	46,1	244,6	29,7	717,9	89,8
84 mg/kg <sup>15</sup> N (Kontroll)	404,8	327,5	240,0	179,3	131,9	20,4
84 mg/kg <sup>15</sup> N + Rhizobiumoltás	513,8	332,2	302,4	182,3	295,2	36,1

Az <sup>15</sup>N növényekből történő meghatározásakor megállapítást nyert, hogy a biológiai megkötött nitrogén legnagyobb mennyisége a csekély nitrogénadagot és rhizobiumoltást kapott növényekben észlelhető, mind az első kaszálásnál, mind a két kaszálás összesített termése esetén (4. és 5. táblázat).

Érdekes megjegyezni, hogy a csekély nitrogénadag esetén a beoltott növények össznitrogéntartalmának 89,8%-át a megkötött molekuláris nitrogén tette ki. A bevitt ásványi nitrogén adagjának növelése (teljes adag) az első kaszálásnál a nitrogénmegkötési folyamat jelentős mérvű lefékezéséhez vezetett. Ebben az esetben a megkötött nitrogén százaléka 36,1%-ra lecsökkent. A csekély nitrogénadagot kapott kezelések növényeiben a két kaszálás termésének vonatkozásában az össznitrogéntartalomnak csak 4,7%-a esett az ásványi nitrogénre, míg 95,3%-ot tett ki a levegőből megkötött nitrogén. Bár az a szám a nagy ásványi nitrogénadagnál csökken, mégis viszonylag nagy értéket tesz ki, 67,1%-ot.

Figyelmet keltő a lucerna gyökereiben a tenyészedő alatt felhalmozódott nagy nitrogéntartalom. A legnagyobb mennyiségű nitrogént ebben az esetben

5. táblázat

**Az első és a második lucernakaszálás összes termésében a levegőből megkötött nitrogén mennyisége  
(Tenyészedénykísérlet 1967)**

Kezelés	I. kaszálás		II. kaszálás		(2) Gyökerek		(3)	
	zöldtermésében						Megkötött N	
	Összes N	<sup>15</sup> N	Összes N	<sup>15</sup> N	Összes N	<sup>15</sup> N		
	mg							%
16,8 mg/kg <sup>15</sup> N (Kontroll)	265,0	42,2	460,5	2,0	490,8	28,1	1137,0	93,5
16,8 mg/kg <sup>15</sup> N + Rhizo- biumoltás	602,0	50,1	500,6	2,0	682,0	25,2	1701,1	95,3
84 mg/kg <sup>15</sup> N (Kontroll)	400,5	304,4	479,7	32,8	619,8	146,5	1010,1	67,3
84 mg/kg <sup>15</sup> N + Rhizo- biumoltás	517,2	304,7	394,5	29,7	589,3	153,6	1006,8	67,1

A megkötött nitrogén mennyiségéből levontuk a vetéskor a tenyészedénybe ültetett 48 lucernamag (6,2 mg) nitrogéntartalmát.



is a kisadagú nitrogénnel trágyázott és rhizobiumoltást kapott növények gyökereiben találtuk (682,0 mg). A lucerna gyökereiben talált nagy mennyiségű nitrogén nagy mértékben megmagyarázza a lucernának, mint a mezőgazdasági növények előveteményének, kedvező hatását.

### Következtetések

1. Az 1967. évi kísérletek igazolták a korábbi évek kutatásainak eredményeit, mely szerint az aktív rhizobiumtörzsekkel beoltott csillagfürt termésének össznitrogéntartalmában az alapvető részt — 85,8%-ot — a biológiailag megkötött nitrogén teszi ki.

2. A dehidrogenáz enzim aktivitása a csillagfürt gumóiban tükrözi a biológiai nitrogénmegkötés intenzitását, amely a nitrogénellátás viszonyaitól függően változik.

3. A spektrumizotópos módszer felhasználásával végzett kutatások eredményeképpen megállapítottuk, hogy a lucerna termésének összes nitrogéntartalmából a biológiailag megkötött nitrogén mennyisége 95,3%-ot tett ki. A megkötött nitrogén ezen százalékos értékét a homokkultúrában termesztett lucernánál állapítottuk meg, amely tápközeghez a Prjanisnikov szerinti nitrogénadag 0,2%-át (1 kg szubsztrátumra 16,8 mg nitrogén) adagoltuk.

4. Az ásványi nitrogén adagjának 16,8 mg-ról 84 mg/kg tápközeg mennyiségre való növelése fékezte a szimbiotikus nitrogénmegkötés folyamatát és ebben az esetben a növények által felhalmozott, biológiailag megkötött nitrogén mennyisége 95,3%-ról 67,1%-ra csökkent.

### Összefoglalás

Az 1967. évben végzett kísérletek által bebizonyítást nyert, hogy a rhizobiumos oltóanyaggal kezelt csillagfürt nitrogéntartalmának 85,8%-a biológiai úton megkötött légköri nitrogénből származik. Amennyiben a szubsztrátum ásványi nitrogéntartalma növekedett (84 mg N/kg) a biológiai nitrogénkötés csökkent, s az így megkötött nitrogén csupán 25,8%-ot ért el a növény össznitrogéntartalmához viszonyítva.

A csillagfürt gumóinak dehidráz aktivitása korrelációban van a biológiai nitrogénkötés intenzitásával, és a növény fejlődésétől, valamint a nitrogéntáplálkozás körülményeitől függ.

$^{15}\text{N}$ -el folytatott vizsgálatok azt mutatják, hogy a lucerna meghatározott körülmények között nitrogéntartalmának 95,3%-át képes a levegő molekuláris nitrogénjéből fedezni. Az ásványi nitrogén (84 mg N/kg) jelenléte itt nem vált ki olyan erős gátló hatást a biológiai nitrogénkötésre, mint a csillagfürt esetében, mivel csak 67,1%-ra módosítottuk az arányt.

Számos szerző adatai felhívják a figyelmet a légköri nitrogén biológiai megkötésének mezőgazdasági jelentőségére.

## Irodalom

- [1] DOROSZINSZKIJ, L. M.: Rol' klubn'kovüh bakterij v azotnom pitanii bobovüh rasztenij i pervooserednue zadaci povüsenija effektivnoszti nitraginizacii. *Izv. AN. SSSR. Szer. Biol.* 700—708. 1962.
- [2] DOROSZINSZKIJ, L. M.: Nitragin i ego primenenie. *Uszpehi mikrobiologii.* Moszkva. Izd. Nauka. 1965.
- [3] DOROSZINSZKIJ, L. M., LAZAREVA, N. M. & AFANASZ'EVA, L. M.: Iszpöl'zovanie ljupinom i ljucernoj atmosferного azota pri naliesii v szubsztrate mineral'nogo azota. *Izv. AN. SSSR. Szer. Biol.* (6) 819—826. 1967.
- [4] DOROSZINSZKIJ, L. M., LAZAREVA, N. M. & EMCEV, V. T.: Rol' klubn'kovüh bakterij v azotnom pitanii bobovüh rasztenij. *Mikrobiologija.* 31. 1061—1066. 1962.
- [5] ZSADKOVA, N. G. et. al.: Iszpöl'zovanie szpektral'no-izotopnogo metoda v agrohimiceszskih iszszledovaniyah. *Agrochimija.* (1) 130—140. 1966.

*Érkezett: 1968. szeptember 18.*

### The Quantity of Nitrogen Fixed by Bacteria Living in the Root Nodules of Lucerne and Lupin

L. M. DOROSZINSKY

All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Microbiology, Leningrad (USSR.)

#### Summary

On the basis of experiments carried out in 1967, it was proved that 85.8 per cent of the nitrogen content of lupin inoculated with rhizobia inocula originated from biologically fixed atmospheric nitrogen. As the mineral nitrogen content of the substrate increased (84 mg N/kg) biological nitrogen fixation decreased. The nitrogen fixed in this way was only 25.8 per cent as compared to the total nitrogen content of the investigated plants.

There was a correlation between the dehydrase activity of lupin root nodules and the intensity of biological nitrogen fixation, which depended on the development of the plant and on the conditions of its nitrogen nutrition.

The investigations conducted with  $N^{15}$  demonstrated that lucerne can get its nitrogen content from atmospheric nitrogen under certain conditions. In this case biological nitrogen fixation is not inhibited by the presence of mineral nitrogen so intensively as in that of lupin because the value of the biologically fixed nitrogen of lucerne increased only to 67.1 per cent.

The data of many authors point to the agricultural importance of biologically fixed atmospheric nitrogen.

*Table 1.* The effect of active rhizobium bacteria on lupin yield in the case of the application of two mineral nitrogen doses. (1) Treatment. (2) Dry matter yield g/pot. (3) Deviation from the control g/pot and per cent.

*Table 2.* The fixed atmospheric nitrogen and dehydrogenase activity of the extracts prepared from the root nodules. (1) Treatment. (2) Total nitrogen mg/pot in the yield (fresh weight) and roots. (3) Fixed nitrogen, total, mg/pot and per cent. (4) Dehydrogenase activity (triphenyl phosphorus)

*Table 3.* The effect of rhizobium inoculation and the various nitrogen doses on the dry weight of lucerne yield. (1) Treatment. I) 1st cutting down: fresh weight of the yield and deviation from the control. II) 2nd cutting down: fresh weight of the yield and deviation from the control; and the sum of I and II.

*Table 4.* The quantity of nitrogen fixed from the atmosphere at the first cutting down of lucerne, pot experiment 1967. (1) Treatment. (2) Total N and  $N^{15}$  mg of yield. (3) Total nitrogen and  $N^{15}$  mg in the roots. (4) Fixed N mg and per cent.

*Table 5.* The nitrogen quantity, fixed from the atmosphere, of the whole yield of the 1st and 2nd cutting down: of lucerne. Pot experiment 1967. (1) Treatment. Total nitrogen and  $N^{15}$  mg in the yield of the 1st and 2nd cutting down. (2) Total N and  $N^{15}$  mg in the roots. (3) Fixed N. The nitrogen content of the 48 lucerne seeds (6.2 mg) sowed in the pot was subtracted from the quantity of fixed nitrogen.

## Menge des durch die Wurzelknöllchenbakterien der Luzerne und Lupine gebundenen Stickstoffes

L. M. DOROSSINSKI

Allunionsinstitut der Landwirtschaftlichen Mikrobiologie, Leningrad (UdSSR)

### Zusammenfassung

Im Laufe der Versuche im Jahre 1967 konnte bewiesen werden, dass 85,8% des Stickstoffes der mit Rhizobiumimpfstoff behandelten Lupine aus biologisch gebundenem Luftstickstoff herkommt. Im Falle eines höheren Mineralstickstoffgehaltes (84 mg N/kg) im Substrat ging die biologische Stickstoffbindung zurück, und der Anteil des biologisch gebundenen Stickstoffes war nur 25,8%.

Die Dehydrogenase-Aktivität der Lupine-Wurzelknöllchen steht mit der biologischen Stickstoffbindung in Korrelation und hängt von dem Pflanzenwachstum und von den Verhältnissen der Stickstoffernährung ab.

Wie die mit  $^{15}\text{N}$  durchgeführten Versuche zeigen, erwirbt die Luzerne unter bestimmten Bedingungen 95,3% ihres Stickstoffgehaltes aus dem molekularen Stickstoff der Luft. Die Anwesenheit des mineralischen Stickstoffes (84 mg N/kg) löste in diesem Fall eine nicht so starke Hemmung aus, wie bei der Lupine, da der Anteil nur auf 67,1% herabgesetzt wurde.

Angaben zahlreicher Forscher sprechen für die Bedeutung der biologischen Bindung des Luftstickstoffes in der Landwirtschaft.

*Tab. 1.* Wirkung aktiver Rhizobienbakterien auf die Lupinerträge bei Anwendung zweier mineralischer Stickstoffdosen. (1) Behandlung; (2) Trockensubstanzgewicht des Grünertrages, g/Gefäß; (3) Abweichung von der Kontrolle, g/Gefäß und %.

*Tab. 2.* Menge des aus der Luft aufgenommenen Stickstoffes, sowie die Dehydrogenase-Aktivität der Wurzelknöllchenauszüge. (1) Behandlung; (2) Gesamtstickstoff, mg/Gefäß im Grünertrag und in den Wurzeln; (3) gebundener Stickstoff, gesamt, mg/Gefäß und %; (4) Dehydrogenase-Aktivität (mg Triphenylformazan).

*Tab. 3.* Wirkung der Rhizobienimpfung und der verschiedenen Stickstoffdosen auf den Trockensubstanzgehalt des Grünertrages von Luzerne. (1) Behandlung. Gewicht des Grünertrages vom Schnitt I. und Abweichung von der Kontrolle. Gewicht des Grünertrages vom Schnitt II. und Abweichung von der Kontrolle. Summe der Schnitte I. und II.

*Tab. 4.* Menge des aus der Luft aufgenommenen Stickstoffes zur Zeit des Schnittes I., Gefäßversuch 1967. (1) Behandlung; (2) Gesamt-N und  $^{15}\text{N}$  im Grünertrag; (3) Gesamt-N und  $^{15}\text{N}$  in den Wurzeln; (4) gebundener Stickstoff, mg und %.

*Tab. 5.* Menge des aus der Luft aufgenommenen Stickstoffes in dem Gesamtertrag der Schnitte I. und II. bei Luzerne. Gefäßversuch 1967. (1) Behandlung. Gesamt-N und  $^{15}\text{N}$  in den Wurzeln im Grünertrag der Schnitte I. und II. in mg; (2) Gesamt-N und  $^{15}\text{N}$  in den Wurzeln, in mg; (3) gebundener Stickstoff. Aus der Menge des gebundenen Stickstoffes wurde der Stickstoffgehalt (6,2 mg) der gepflanzten 48 Luzernensamen abgezogen.

## Размеры симбиотической фиксации азота люпином и люцерной

Л. М. ДОРОСИНСКИЙ

Всесоюзный Научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии, Ленинград (С.С.С.Р.)

### Резюме

Опыты 1967 года подтвердили, что в общем азоте урожая люпина, инокулированного активным штаммом клубеньковых бактерий, основную часть — 85,8% составляет связанный азот.

Увеличение содержания в среде минерального азота (84 мг азота (кг) резко снижает) активность биологической фиксации азота — 25,8%.

Активность дегидрогеназ в клубеньках люпина отражает интенсивность биологической фиксации азота и изменяется в зависимости от условий его азотного питания.

Проведенными исследованиями с использованием спектрально-изотопного метода установлено, что количество «биологического» азота в общем азоте урожая люцерны составило 95,3%.

Увеличение дозировки минерального азота с 16,8 мг/кг до 84 мг/кг тормозило процесс симбиотической фиксации азота и, в этом случае, количество биологически связанного азота, накопленного растениями, с 95,3% снижалось до 67,1%.

Табл. 1. Влияние активных клубеньковых бактерий на урожай люпина при двух дозировках минерального азота. (1) Варианты опыта. (2) Вес сухой зеленой массы в г/сосуд. (3) Отклонение от контроля в г/сосуд и в %.

Табл. 2. Азот, фиксированный из воздуха и дегидрогеназная активность вытяжек из клубеньков. (1) Варианты опыта. (2) Общий азот в мг/сосуд в зеленой массе и корнях. (3) Фиксированный азот, всего, в мг/сосуд и %.

Табл. 3. Влияние инокуляции и различных доз азота на сухой вес зеленой массы люцерны. (1) Варианты. 1. Вес зеленой массы и отклонение от контроля в г/сосуд и в % при I укосе. Вес зеленой массы и отклонение от контроля в г/сосуд и в % при II укосе, а также сумма урожаев I и II укосов в г/сосуд.

Табл. 4. Количество азота, фиксированное из воздуха люцерной за один укос. Вегетационный опыт 1967 г. (1) Варианты. (2) Зеленая масса: общий азот и N—15 в мг. (3) В корнях: общий азот и N—15 в мг. (4) Фиксированно азота в мг и %.

Табл. 5. Количество азота, фиксированное люцерной из воздуха за два укоса. Вегетационный опыт 1967 г. (1) Варианты. Общий азот и N—15 в мг в зеленой массе I и II укосов. (2) Общий азот и N—15 в мг в корнях. (3) Фиксированный азот в мг и %. Количество фиксированного азота дано за вычетом азота 48 семян люцерны (6,2 мг) внесенных при посеве в сосуд.